「頑張れ関西」における東日本大震災への取り組み

頑張れ関西（廃棄物対応技術検討懇話会）
震災対応ワーキング　幹事　**吉川　克彦**

1.はじめに

廃棄物対応技術検討懇話会（愛称：頑張れ関西、委員長：武田信生京都大学名誉教授）は廃棄物対応技術に係る集積度の高い関西を起点として、自治体、プラントメーカー、学識者が連携し、技術ポテンシャルの向上、技術人材の育成、社会貢献・国際貢献に寄与することを目的として、平成15年４月に設立され、若手メンバーを中心としたワーキンググループ活動、構成員全員が参加する討論会、ベンチャー企業の技術紹介等を行うセミナー・発表会、各種施設の見学会等の活動を行ってきている[(1)、(2)、(3)]。

この度の東日本大震災に対する当会の対応として、「震災対応ワーキング」を４月初旬に立ち上げ、震災直後の自治体支援の状況、焼却施設の被災・復旧状況、災害に強い焼却施設設計、災害廃棄物の仮設焼却炉での処理等について、情報収集、情報交換活動を行ってきている。

本稿では、震災対応ワーキングにてこれまでに検討してきた内容をまとめて紹介させていただき、今後の震災廃棄物の処理・処分及び災害に強い廃棄物処理施設の設計等に生かしていただければ幸いである。表１-１に本ワーキングメンバーと本稿の原稿執筆担当を、表１-２に本ワーキングの開催状況に示す。なお、本稿の内容は６月10日時点の情報に基づいたものである

表１-１　震災対応ワーキングメンバーと本稿執筆担当者

メンバー	所属	執筆担当
山田　一男	京都市環境政策局適正処理施設部施設整備課　計画係長	2.1、2.2、2.3
平松　寛章	京都市環境政策局適正処理施設部施設整備課	
神澤　泰博	堺市環境局環境事業部清掃工場建設室　主幹	4.2
副島　忠男	岸和田市貝塚市清掃施設組合　技術顧問	3.3
鎌田　充彦	(株)クボタ　水・環境総合研究所　担当課長	5.1
藤田　淳	(株)神鋼環境ソリューション 環境プラント事業部　監理部　課長	3.1、4.1、4.2、4.3
瀬川　雅子	(株)神鋼環境ソリューション 環境プラント事業部　第一技術部　技術室	
西尾　聡	(株)タクマ　プロジェクトセンター 環境技術１部１課 課長代理	5.2
近藤　守	日立造船(株)　エンジニアリング本部　環境EPCビジネスユニット 総括設計部 部長	4.2、4.3、4.4、6.2、6.3
酒井　暁光	日立造船(株)　エンジニアリング本部　環境EPCビジネスユニット 総括設計部	
前田　洋	大阪ガス(株)　エネルギー技術部 環境・燃焼技術チーム　課長	2.3
三好　裕司	川崎重工業(株) プラント・環境カンパニー　環境プラント総括部　環境プラント部　基幹職	3.2、6.1
吉川　克彦	(株)アーシン　専務取締役　計画部長	1、7

表１-２　震災対応ワーキングの開催状況

開催日	主な検討テーマ
４月５日(火)	現地の状況、阪神大震災時の災害廃棄物処理状況、頑張れ関西としての今後の対応
４月21日(木)	水害廃棄物の処理事例、被災したごみ処理プラントの復旧に関する情報収集、廃炉施設の再稼動に関する情報収集、災害に強い焼却施設の設計、災害廃棄物を焼却処理する上での注意点、低レベルの放射能が検出された一般廃棄物の処理
５月18日(水)	被災したごみ処理プラントの復旧、廃炉施設の再稼動、災害に強い焼却施設の設計、仮設焼却炉における焼却処理
６月３日(金)	本報告原案検討

【参考文献】
(1) 特集「頑張れ関西」財団だより No.72、2007.７
(2)「頑張れ関西」の活動報告　財団だより No.75、2008.７、p.64-66
(3)「頑張れ関西」の沿革、財団二十年史 2009.６、p.186-189

２．震災直後の状況及び自治体による廃棄物処理支援の状況

今回の震災に対しては全国の自治体から様々な支援が行われている。京都市環境政策局では震災５日後の３月16日から約１ヶ月間、仙台市において震災ごみの収集運搬作業等を実施した。

本稿では京都市の活動を中心に、廃棄物処理に関する自治体支援の一例をご紹介したい。

図２-１ 仙台市付近の浸水範囲概況図（国土地理院）

２.１現地の状況

（１）被害の状況

震度６強の地震に見舞われた仙台市であったが、宮城県庁及び仙台市役所をはじめとする市内中心部の主要建築物に目立った被害はなく、一部家屋に屋根瓦落下やブロック塀倒壊等の被害が散見される程度であった。

もちろん建築物が無事であっても内部では家財や商品の多くがごみと化しており、これらはやがて災害廃棄物として排出されることになる。また、被災した方々のための避難所ではその規模に応じた生活ごみが発生していた。

写真２-１ 仙台市中心部の様子

一方、津波による被害が甚大であった地区（概ね仙台東部道路以東）は押し流された家屋や自動車、海岸の防潮林等が泥に埋もれており、主要道路は開削されたものの依然として自衛隊や土木事業者が活動する場であった。収集すべきごみも泥や砂に埋もれ、あるいは津波で流されてしまったような状況であり、これが同一市内の同一行政区かとその落差に驚くばかりであった。

写真２-２仙台東部道路以東の様子

概ねその中間となる、建築物は無事であるが浸水の激しかった地区では、公園や個人宅の軒先に家具類が積み上げられており、狭隘な路地等では緊急車両の通行に支障をきたしかねない状態となっていた。

さらに、全市的に道路が傷んでおり、路肩の崩壊や橋梁部の浮き上がり等がそこかしこに見受けられた。ただし、阪神淡路大震災における高架道路転倒のような極端な被害はなく、道路網の機能はほぼ維持されていた。

以上は仙台市の状況であるが、近郊の古くからの民家が多い被災自治体では多くの家屋が倒壊し、また漁港近辺では水産物倉庫の損壊により大量の生ごみが発生していた。ただし、これらの地区では人命救助が何よりも優先されるところであり、必然的にごみ処理への取り掛かりは一定の時間を経てからのこととなる。

（2）仮置き場の状況

震災ごみの仮置き場は仙台市により３月15日から市内各所に開設されたが、一部は早々飽和状態になり、あるいは小火や悪臭が発生したため即日閉鎖される等、開設状況は日々変化していた。これらの情報は仙台市ホームページやラジオ等で逐次広報されている。

当初はごみを持ち込まれる市民の誘導すら追いつかず、自家用車から降ろされたごみを積み上げる程度が精々で分別など望むべくもなかった。混在ごみの山は後日重機で崩して手選別することとなる。

震災後２週間が経過した頃には一定の落ち着きを見せ、可燃物、家電４品目、金属類、ガラス陶器類、廃タイヤとそれぞれの山に分けて積み上げるようになっていた。一定の分別がなされた山であっても、細かなガラスや釘がむき出しになった木製看板、アスベスト含有の恐れがある建材、正体不明の粉体が入った袋等があり、作業にあたる際の怪我が心配された。震災に便乗したごみと思われるものも多く、大量のブラウン管テレビなどはその好例であったが逐一チェックする余裕はなかった。

分別の有無によらず仮置き場は埃が舞っており、どこからともなくドブの臭いのような悪臭が発生していた。周辺住民からの苦情も寄せられており、衛生面からも早急に適正処理されることが望まれた。

写真２-３仮置き場（今泉野球場）

他の市町村の事例として行政の管理が行き届かない廃材置き場で野焼きが行われているケースも報告されているが、仙台市の仮置き場については適切に運営されていた。なお、粗大ごみ収集や焼却施設の運転が安定化したことから、これら仙台市の仮置き場は５月10日をもって閉鎖された。

（3）焼却施設等の状況

京都市が活動を行った仙台市には松森工場（200t／24h×３炉）、葛岡工場（300t／24h×２炉）、今泉工場（200t／24h×３炉）の３施設があり、すべて地震により安全に停止したが、うち葛岡工場及び今泉工場については３～６日間の休炉を挟んで早期に再立ち上げが行われた。残る松森工場はごみクレーン脱輪等により１ヶ月以上の修復期間を要してしまい、これによる処理能力低下は震災後初動時における痛手であったと想像できる。

また、早期に焼却を再開した２施設についても破砕機の再稼動は３月末頃となった。震災ごみにはタンスなど破砕処理の必要な家具類も多く含まれているため、仮置き場あるいは収集現場においてプレスパッカーで家具類を破砕してから搬送することとなった。

なお、缶・びん・ペットボトルや容器包装プラスチックの処理施設の復旧も３月末頃になったが、震災直後の限られた人員機材及び燃料の制約のなかではそもそも分別収集を行うゆとりなど存在しなかったであろう。

２.２自治体による廃棄物処理支援の状況

（1）京都市の支援状況

３月11日の震災後、京都市環境政策局では直ちに情報収集及び派遣可能機材の把握等に努め、土日を挟んだ14日には派遣期間も不確定なまま参加職員を募った。そして有志22名からなる支援チーム第１陣を構成、翌15日午前に京都を出て北陸道を走り、３月16日午前３時半頃には仙台市役所に到着した。なお、第１陣の内訳は以下のとおりである。

環境政策局職員計22名
- 現地本部要員 ２名
- 震災ごみ収集運搬作業 ４班 18名
  （プレスパッカー３台、２tダンプ１台）
- 車両整備 ２名（連絡車１台）

現地到着後仮眠休憩をとり、午前８時半から仙台市職員と打合せ、避難所、ごみの仮置き場、焼却施設、最終処分場等の場所を確認、その日の午後からごみ収集・搬送作業にあたった。

なお、京都市の派遣チームは市役所近辺の雑居ビルフロアに起居したが、当初から電気及び水道の使用が

可能であり、また携帯電話等の回線も早期に復旧したことで取りあえずのインフラ環境は確保されていた。

物資の流通は回復していなかったが、支援チームは飲食料や被服等を自前で持ち込んでの仙台入りであったため、結局のところ市街地での活動において最も影響を受けたものは燃料の欠乏であった。一般のガソリンスタンドは言わずもがな、支援車両専用のスタンドであっても供給は不安定、今日給油できても明日は分からない。この状況は我々の活動終盤まで続くこととなった。

この他、寝袋等を洗濯できない、たまにしか入浴できないといった生活上の問題があったが、被災地で解決する手段はなく、短期の派遣ということで割り切るしかなかった。

こうして以後約１ヶ月、概ね10日間の行程で計５陣、延べ100余名での廃棄物処理支援が始まった。

支援期間中、京都市環境政策局派遣チームに割り振られた作業は主として次の４点であった。すなわち、

・避難所ごみ収集
・仮置き場から焼却施設への可燃物搬送
・仮置き場から最終処分場への不燃物搬送
・浸水地区での粗大ごみ収集

である。

避難所ごみ収集については毎日20～40ヶ所程度を巡回して生活ごみやダンボールの収集にあたる他、一部家庭ごみ定期収集の応援も行った。仙台市では有料指定袋制を施行しているが、食料等の流通すら不十分な状況では指定袋の入手など到底困難であった。そのため仙台市ではやむを得ない場合は指定袋以外の袋でも家庭ごみ排出可とし、その際にはなるべく透明又は半透明の袋を使用するようアナウンスをしていた。

震災ごみの仮置き場は市内各所に設けられたが、京都市チームは青葉区西花苑公園野球場、宮城野区鶴ヶ谷中央公園、若林区今泉野球場、若林区日辺グラウンド（ニッペリア）の４ヶ所で作業を行なった。開所当初はごみを持ち込まれる多数の車が列を成し、分別排出もできず混沌とするなかで市民誘導にあたることとなった。そうして積み上げられたごみを目視で手選別、プレスパッカー車で破砕しつつ焼却施設へ搬送した。

写真２-４仮置き場作業風景（今泉野球場）

破砕時には欠片が飛び散るだけでなく、アスベストの含有が疑われる建材や農薬等のごみも排出されるなど危険な現場であった。また職員だけでなく車両機材にとっても過酷な現場であり、常にパンクの恐れが存在し、油圧系統をはじめ架装への負荷も相当なものであった。実際、支援活動の中盤以降には幾度かの故障に見舞われ、その都度補修しつつ作業を継続した。

市民のごみの持ち込みには終わりが見えなかった。燃料の供給状況が改善されるにつれ新たな震災ごみが次々と搬入されてきたが、焼却施設が近いこともありハイピッチでの破砕・積込・搬送を繰り返した。

一方、郊外にある最終処分場への搬送はなかなか効率が上がらなかった。高規格道路であっても橋梁部の段差が激しく、幹線道路も崩落部を応急補修した程度、またガソリンスタンド給油待ち列等による渋滞が多発していたためである。

浸水地区での粗大ごみ収集は市内中心部寄りから開始し、日毎に浸水度合いの激しい区域に移行していった。住宅街を１軒１軒まわってその家の浸水ごみを集めたが、パッカー車が満杯になればその回の収集を打ち切らざるを得ず、市民の方から「次はいつ来てくれるのか」と問われる一幕もあった。粗大ごみが路地に残されたままでは日常生活にも不便をきたすであろうことは想像に難くないが、人員機材ともに限界があり、多くの市民の方々には順番待ちをしていただくことになった。

写真２-５浸水地域作業風景（仙台港近辺）

京都市環境政策局の主な活動は以上であるが、いずれも燃料事情に悩まされ、また大小の余震が日常的に発生している中での作業であった。とりわけ浸水地区での作業中は津波の情報に細心の注意を払う必要等があり、必ずしも最良の工程管理で作業を行い得たとは言いがたいものがあるが、被災地における活動が机上の計算どおりに運ばないこともまた事実である。

なお、今回のように迅速なごみ収集支援が可能であったことは、京都市が一定の直営収集体制を堅持し、緊急時には熟練した派遣職員を捻出できる柔軟性を確

保してきたひとつの成果であり、民間とは違う行政の強みを発揮できた事例でもあった。

（2）その他の自治体による支援状況

ごみの収集撤去にあたり専用車両を含めて直ちに職員を派遣しえた自治体は京都市のみであったが、その後随時到着した横浜市や新潟市等の機材及び人員と協力して作業を行った。また、京都市環境政策局の活動終了後にも東京都その他自治体の追加支援が始まっており、震災ごみとの格闘は現在も続いている。

なお、支援自治体によるごみの収集撤去については仙台市職員から担当地区、担当作業の差配を受けて現場に向かった。我々は短期で交代するが仙台市の方はほぼ休みなしで業務に就いており、今後の活動が長期にわたらざるをえないことを想えば疲労の蓄積が心配されるところである。

2.3 今後に向けて

本稿では触れていないが、ごみ処理以外の分野においても、日本ガス協会の災害対策本部の調整により、全国のガス事業者等59事業者、延べ約10万人が参加し、５月18日までに約40万戸の都市ガスの復旧が行なわれた。

現在でも「20大都市災害時相互応援に関する協定」に基づく物資提供や、自治体が携わるあらゆる業務に対しての職員派遣等、被災地に対して全国から先を争うような支援が展開されている。未曾有の大災害であり今後も多くの困難が予想されるところであるが、京都市としても引き続き被災地の復興に向けて息の長い支援に努めていきたい。

写真２-６京都市環境政策局支援チーム第１陣

３．被災したごみ処理プラントの復旧

3.1　石巻広域クリーンセンターの被災・復旧状況

東日本大震災により、石巻市は地震での損傷に加え、その後の津波により沿岸から数キロ離れた市中心部まで浸水し甚大な被害を受けた。

特に沿岸部にある漁港や工業地帯の被害は大きく、いまだに復旧の目途が立たない状況にある。石巻広域クリーンセンターも沿岸工業地帯にあり、海岸から約100mの距離で２m程の高さの津波の直撃を受け、地下部および一階部が浸水し、周囲のライフラインが寸断され完全に孤立した。その状況下、重要なインフラの一つである廃棄物処理設備の一刻も早い操業再開に向け復旧作業中である。

（1）施設概要

・処理能力：230t／日（115t／24h×２炉）
・処理方式：流動床式ガス化溶融方式
・排ガス処理方式：減温塔＋バグフィルタ＋触媒反応塔
・発電能力：２,700kW
・海抜：約４m（海岸からの距離は約100m）
・竣工：平成15年３月

図３-１石巻広域クリーンセンター位置

（2）被災状況

１）被災時の状況

【３月11日　14：46】　地震発生
地震検知直後（約20秒後）停電発生
停電検知⇒停電シーケンス起動（設備全停止／非発起動）
※非発負荷自動起動（機器冷却水ポンプ起動→計装用空気圧縮機起動→ボイラ給水ポンプ起動→脱気器給水ポンプ起動し、ボイラの冷却を継続し安全停止）

【15：50頃】　津波発生（大きい波が５回以上押し寄せた）
施設へ津波到達（海抜４mに対し、６mの津波が襲来

し、施設は２m弱の高さまで冠水した）　⇒　屋外設備が重大な損傷
施設内へ海水・漂流物流入⇒地階部水没、１階部浸水
ライフライン（電気、水道、電話）遮断
人的被害なし

写真３-１津波にのまれるランプウェイ

２）設備被害状況

阪神大震災が地震の‘揺れ’そのものによる被害であり、阪神間というやや狭いエリアでの災害で、ライフラインも比較的早い段階で復旧したため、ごみ処理プラントの復旧も早かったのに対し、今回の東日本大震災は、‘地震’というより、‘津波’による破壊、浸水が主であり、災害があまりにも広い範囲に及び、ライフライン復旧も遅れたことが、早期復旧の妨げになっている。

①人的被害

津波により施設周囲は約１日間浸水した状態であったが、施設自体は頑丈であったため、被災当時に施設内にいた関係者は全員３Fの中央制御室に避難し一晩を無事に過ごし、人的被害はなかった。

なお、当日は、地元業者により場内での補修工事も実施していたが、いち早く点呼をとり避難したため、業者の人的被害もなかった。

②設備被害（図３-２）

地震による主な被害は、工場棟内のALC板が一部脱落したことと、周囲地盤が全体的に約200㎜程度沈下したため、建屋と外構をつなぐ排水管の損傷である。

その後の津波により、施設場外に設置されていた設備（ごみ計量機、公害監視盤、倉庫、浄化槽および配管等）は重大な損傷を受けた。また施設関係者の自家用車、倉庫内の予備品等が流された。ただし、プラットホームはランプウェイ方式により２階であったため、ごみピットの水没は免れた。

なお、対岸には造船所があり、そこでは150m程の巨大な船舶を建造中であったが、この津波により流され、別の場所で座礁している。

津波は、海側（南側）から材木などの漂流物とともに敷地に流れこんだ。津波に直面した工場棟南側１階には、非常用発電機室、受変電室、タービン発電機室が配置されていたが、外部扉は防塵用のエアタイト仕様であった効果で海水の流入を免れた。

しかし、津波は東側から組合および運転委託業者の管理棟部分を破壊し、海水が室内に流入し書類やパソコンなどを流出し、重大な被害を受けた。さらに、地盤沈下の影響を受け、管理棟の床下埋設配管も破断、１Fに設置されていた防災盤等の建築設備も大きなダメージを受けた。

また、津波は工場棟北側へ回り込み、炉室へ入るメンテナンスシャッターを破壊し工場棟内へ流入し、地階～１階の設備を浸水させた。浸水した不燃物搬送系統設備、汚水・排水処理設備などの機器の絶縁抵抗を念のために測定したが、大部分が絶縁不良となっていた。

また、海水は地下コンクリート水槽へも流入、槽内の水のほとんどが海水と混ざってしまった。

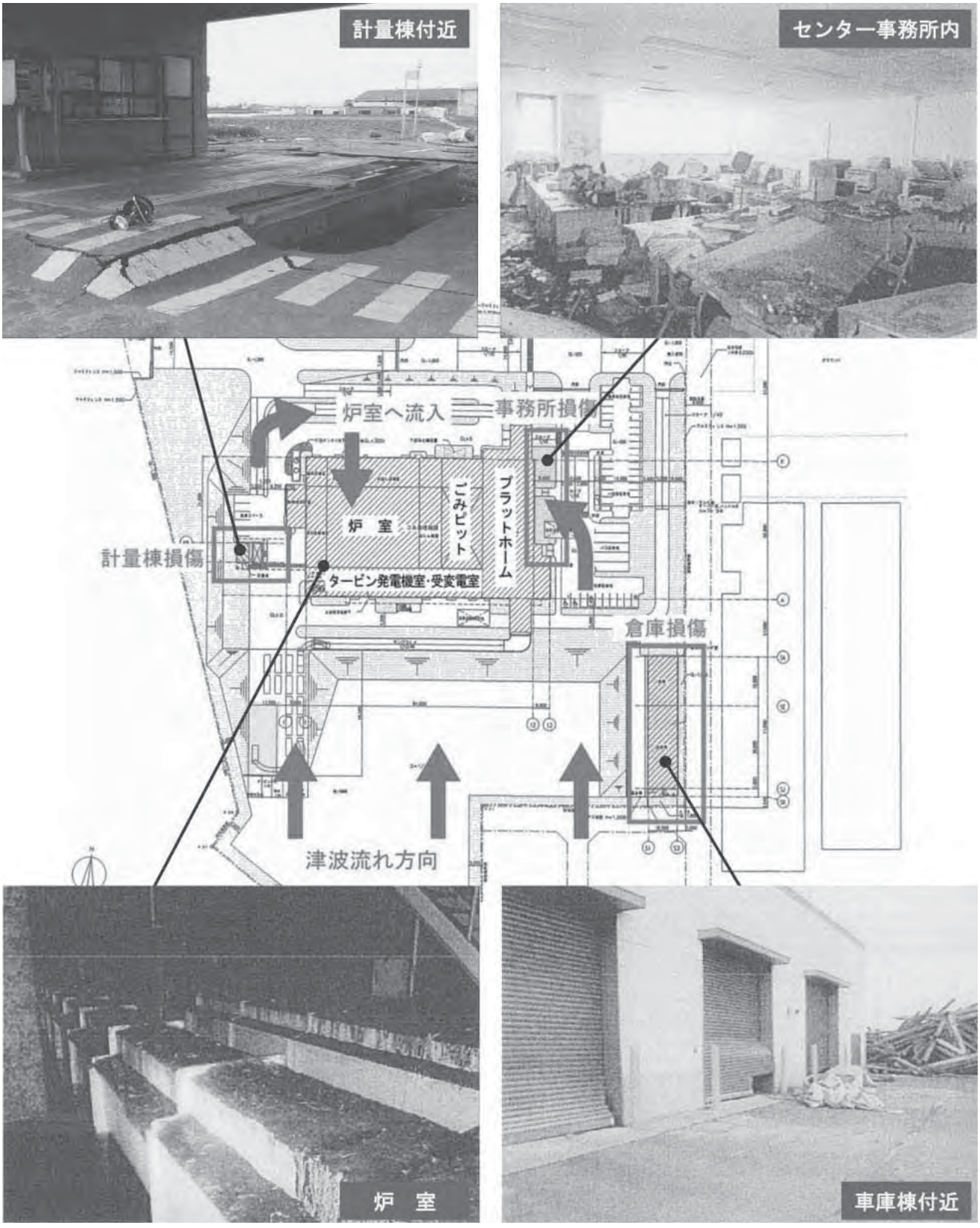

図３-２　津波による被災状況（石巻広域クリーンセンター）

③ライフラインの遮断

津波と同時に、電気、水道、通信等の全てのライフラインが遮断された。管轄の変電所が壊滅したため、本施設への電力供給が遮断された。変電所の完全復旧には２～３年かかるため、応急工事により仮設変電設備からの電力供給を６月１日から受けることになった。受電に際して、震災前は実施していた売電（逆潮）が不可能となり対応方法を調査中である。

水道も一時的にストップしたが、比較的早く４月７日には供給が再開された。

３月中は、東北エリア全般的に、ガソリン、軽油など燃料不足により車での移動にも支障があり、軽油を燃料とする非常用発電機が運転できない状態であった。

この間は、復旧作業ができず機器を放置するしかなく、特にバグフィルタの温風循環も使用できなかったため、ろ布の吸湿、目詰まりが進行した。

なお、携帯電話などの通信事情は悪く、交通、レンタカー、宿泊施設の確保が非常に困難な状況にあり、外部からの応援も効率良い展開ができない状況であった。

（３）復旧状況

復旧工程表を表３-１に示す。（５月末現在）

マスター工程としては、４月７日に上水が復旧、６月１日に受電再開、６月下旬～７月上旬に試運転を行い、７月11日運転再開を目指し作業中である。

なお、１階に設置されていたサーバが損傷したため、復旧後は、これを４Fに位置変更することとした。受電までは、健全であった非常用発電機をフル活用し、電源の供給先を変更することにより、照明・コンセント電源を確保し、点検・清掃作業、復旧工事、設備運転確認を進めている。特に損傷時の影響が懸念されたボイラについては、４月９日に非常用発電機で起動させたボイラ給水ポンプにて水圧試験を実施し異常がないことが確認された。その後、復水タンクおよび純水タンクに残っていた純水を用い薬品投入及び満水保缶を実施した。

屋外、管理棟部分においても土木・建築工事を進めており６月末には消防による検査を受ける予定である。６月１日の受電後は、試運転ほか機器点検、および残工事のピッチを速め、早期運転再開を目指している。

（４）まとめ

東日本大震災による石巻広域クリーンセンターの被災は、地震による被害よりも、ライフラインを含めた津波による影響が甚大であったが、幸いにも主要な受変電設備、発電設備の被害が少なかったことから、現在復旧の目途がついたところである。現地では、復旧プロジェクト体制を組み、組合、石巻市他関係機関と連携をとりながら７月上旬の通常運転再開をめざし復旧作業中である。

今回の報告が、他の被災施設での復旧や、今後の廃棄物処理施設の設計に対し役に立てれば幸甚である。

表３-１　石巻広域クリーンセンター復旧工程表

3.2 神戸市苅藻島クリーンセンターの被災・復旧事例

3.2.1 阪神淡路大震災時の神戸市のクリーンセンター(1)

平成７年１月17日の阪神・淡路大震災発生当時、神戸市では５ヶ所のクリーンセンターが稼働していた。各クリーンセンターの配置図を図３-３に示す。被害状況の概要は文献（１）に記載されており、このうち、苅藻島クリーンセンターの被害状況概要を表３-２に示す。本稿では、苅藻島クリーンセンターの被害状況、復旧状況、運転再開までの状況について詳細を示す。

3.2.2 神戸市苅藻島クリーンセンターの概要

神戸市苅藻島クリーンセンターの概要を以下に示す。

処理能力	600t／日（200t／24時間×３基）
燃焼設備	回転火格子式焼却炉
排燃焼ス冷却設備	廃熱ボイラ式
排ガス処理設備	電気集じん器＋排ガス洗浄装置
余熱利用設備	蒸気タービン発電機（4,950kW）
通風設備	平衡通風方式
竣工年月	平成２年３月

3.2.3 地震発生時の運転状況

阪神・淡路大震災発生時の神戸市苅藻島クリーンセンターの運転状況は以下の通りであった。

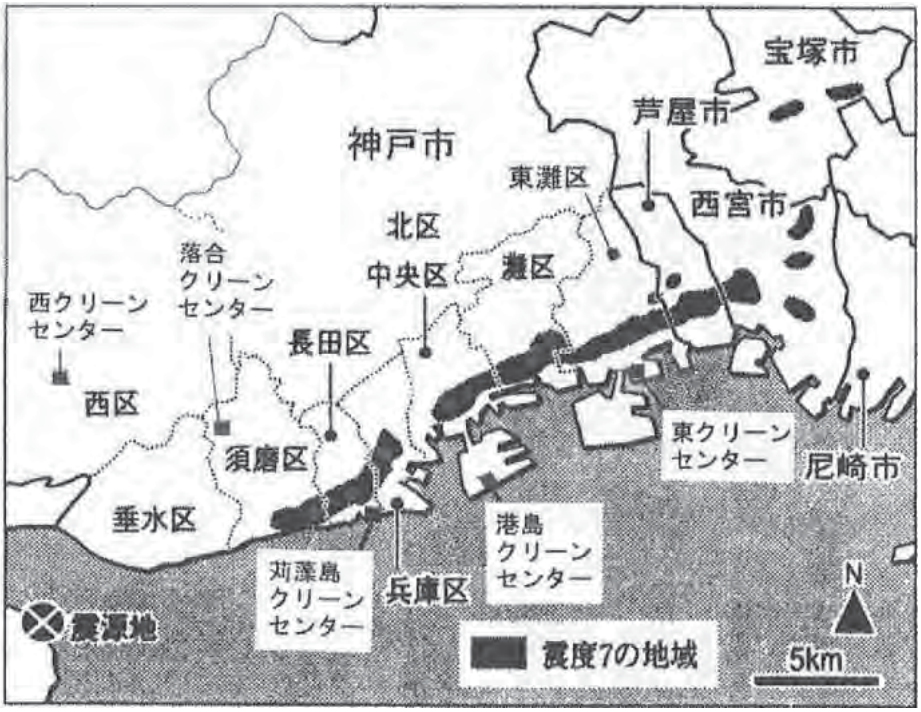

図３-３　神戸市内クリーンセンターの配置（阪神・淡路大震災当時）(1)

表３-２　苅藻島クリーンセンター被害の概要 (1)

施設能力、竣工年月		600t/日(200t×3)、平成２年３月
被害概要	プラント	①ごみ計量機ピット破損、②計量棟電源断線、③高架水槽漏れ④高圧引込ケーブル損傷
	建物	①渡り廊下等の受梁エキスパンション金物破損、②食堂損壊、③ランプウェイ基礎ひび割れ、④エレベータ故障
	屋外関係	①構内全体に 40～50cm の地盤沈下、②上水・工水埋設管破損③屋外排水管破損、④井戸ケーシングの折損
引込関係復旧日		電気 1/17、電話 1/20、ガス 2/6、上水道 2/6、工水 3/1
運転再開日		２月６日

（1）１号炉及び２号炉は運転中で、３号炉は停止中であった。タービン発電機は運転中であった。
（2）誘引送風機の回転数制御盤は運転中に扉を開けた場合に停止するようリミットスイッチを設けていたが、地震発生時に扉が開いていないのに誤作動し、誘引送風機が停止した。
（3）誘引送風機停止によって、押込送風機及び給じん装置がインターロックにより停止し、排ガス洗浄装置がバイパス側に切り替わった。その結果、焼却炉は自然通風による燃焼状態となった。
（4）冷却水配管内の錆がストレーナに詰まり、冷却水量が大幅に減少したため、冷却水断警報が出た。清掃を継続的に行うことで、運転に支障はなかった。
（5）地震感知器は、バーナインターロック用に２個設置しており、地震により動作したが、バーナは運転していなかったのでインターロックは機能しなかった。
（6）地震発生と同時に商用電源が停電したため、蒸気タービンでの発電を可能な限り継続した。しかし、約１時間後、蒸気量低下により、周波数低でトリップした。
（7）蒸気タービン発電機停止により、非常用発電機が起動し、所内保安動力の確保を図った。
（8）当日中に商用電源は復旧したが、ガス、水が途絶えたので、そのまま停止状態となった。

3.2.4 被害状況及び復旧処置状況

神戸市苅藻島クリーンセンターの被害状況及び復旧処置状況は以下の通りである。

（1）プラント関係

①ごみ計量機の１台が道路陥没により、枠が台盤下に入り込み、計量不良となった。
⇒２台あったため、残りの１台を使用した（写真３-２）。

②ごみ計量室と中央管制室との信号ケーブルが道路陥没の影響で断線寸前であった。建築電気配線は断線した。
⇒道路の恒久復旧工事まで、架空の仮配線を行った（写真３-３）。

写真３-３　ごみ計量室架空配線

③間接熱交換器への樹脂配管の垂直部が一部損した。また、ドレン配管が破損した。
⇒樹脂配管は復旧。ドレン配管は当面現状のままとし、後日復旧した。

④計算機のデータベースステーションの伝送ユニットがハードダウンした。そのため、地震発生直後のデータ及びメッセージが欠落した。
⇒１月19日に復旧した。

⑤建築電気配線ダクトにおいて、１箇所ブラケット用ホールインアンカが抜けた。プラント用配線ダクトに損傷はなかった。
⇒当面現状のままとし、後日復旧した。

（2）建物関係

①工場棟と煙突とのエキスパンション部にズレが生じた。また同部の屋根受RCブラケットが欠け落ちた。
⇒当面現状のままとし、後日復旧した。

②工場棟から煙突へのガスダクト架台用アンカーボルトが６ヶ所引き抜け、または曲がりが生じた。同部の基礎のコンクリート割れも起こった（写真３-４）。
⇒当面現状のままとし、後日復旧した。

写真３-２　ごみ計量機復旧

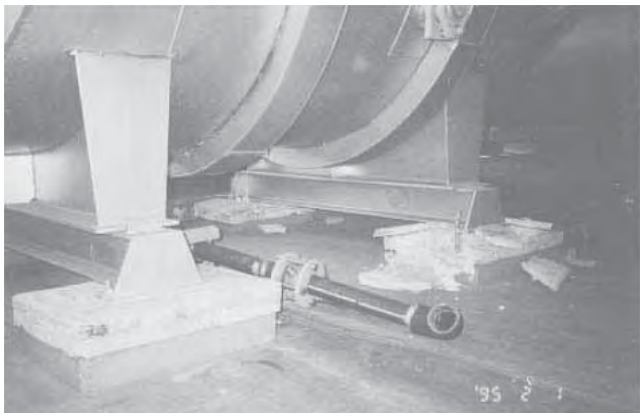

写真３-４　ガスダクト基礎破損

③工場棟内の壁の一部にクラックが出来た。
⇒当面現状のままとし、後日復旧した。
④工場棟と管理棟との渡り廊下の内天井が一部落下した（写真３-５）。
⇒当面現状のままとし、後日復旧した。

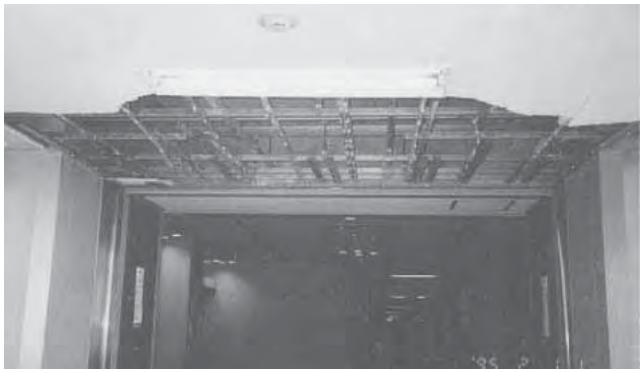

写真３-５　渡り廊下天井部破損

（３）屋外関係
①構内道路及び植栽は、液状化現象により陥没、地割れ、隆起が各所で発生した（写真３-６、３-７）。
⇒搬入道路については、砂詰め等により仮処置を行った（写真３-８）。

写真３-６　構内道路の陥没、地割れ、隆起

写真３-７　駐車場の地割れ

写真３-８　構内道路の砂詰めによる復旧

②ランプウェイのエキスパンション部で100mm のズレが生じた（写真３-９）。
⇒鋼板を敷き、仮に通れるようにした（写真３-10）。

写真３-９　ランプウェイのズレ

写真３-10　ランプウェイ敷鉄板

③道路陥没のため、プラント場外排水管が工場棟出口部で破損した（写真３-11）。また、構内の建築設備排水管の勾配が逆になった箇所が出た。
⇒排水管の仮復旧を行った。また、給水管についても損傷の恐れがあったため、仮配管を施工した（写真３-12）。

写真３-11　プラント場外排水管の破損

写真３-12　給水管仮設

④神戸市苅藻島クリーンセンターへの連絡橋の一部が損傷した。それに伴い、水道管及びガス管が損傷した。
⇒連絡橋は仮復旧で通行可能となった。水道管及びガス管もクリーンセンターの早期運転のために、２月５日には仮配管で復旧した（写真３-13）。

写真３-13　連絡橋上水・ガス仮設

３.２.５ 運転再開までの状況

神戸市苅藻島クリーンセンターの運転再開までの状況は以下の通りである。

（１）プラント機器の点検を実施した。その状況は以下の通りである。
①炉内点検、各機器の点検を実施したが、特に問題はなかった。
②空気圧により配管のリークチェックを行ったが、特に問題はなかった。
③コントロールセンターを含め、盤関係は自立据付のみで特別な転倒防止を行っていなかったが、一切損傷は見られなかった。
④プロセス制御装置及びCRTは正常に稼働していた。
⑤誘引送風機用回転数制御装置、蒸気タービン発電機の点検をしたが、特に問題はなかった。
（２）運転再開は可能な状態であったが、水とガスの停止が問題であった。
（３）水に関しては、井水（旧施設で使用していたもの）を使用して早期再開を検討したが、井戸も損傷が激しく使用不可であった。上水が２月６日に仮復旧されるとのことで、復旧を待つことにした。
（４）ガスに関しては、プロパンを使用することとした。上水が仮復旧する２月６日を目標に、プロパンによる着火の準備にかかった。しかし、ガスについても２月６日に仮復旧されるとのことで、プロパンによる着火ではなく、灯油バーナを仮設置し、事前に炉の昇温を図るべく準備にかかった。
（５）２月２日にタンクローリーにて上水を供給し、各水槽の水張りを実施した。また、純水装置を起動した。
（６）２月４日より、仮設灯油バーナによる昇温を開始し、120℃まで昇温した。
（７）２月６日９時すぎに上水及びガスが仮復旧した。ガス漏れがないかを確認後、同日15 時前後に本設バーナにガスを供給し、仮設灯油バーナからの切り替えを実施し、さらなる昇温を実施した。同日19 時すぎから、ごみ投入を開始した。
（８）２月７日に蒸気タービン起動及び併入を行った。

３.２.６ まとめ

（１）神戸市苅藻島クリーンセンターの被害は、プラント関係、建物関係とも比較的軽微なものであった。
（２）阪神・淡路大震災時には電気の復旧は早かったが、水とガスが復旧するまでクリーンセンターでごみを処理することが出来なかった。電気、水、ガスについては、非常時の代替策を考えておくことが重要である。

【参考文献】

（１）野々村和也阪神・淡路大震災直後のごみ焼却施設の適正稼働について都市清掃第57 巻第262 号平成16年11月

3.3災害で停止した廃棄物焼却施設の復旧手順

廃棄物焼却施設の緊急停止については、施設の建設年度や設計思想により様々な手法が選択されているが、一般的には機器の損傷防止や火災や事故防止に配慮されている。

タービン等の発電設備設置工場は受送電線の停止が発生すると自動的にバックアップし、焼却施設の運転を保持するシステムを備えている施設も多いが、地震等の震災発生時は特段の事情が無い限り、速やかに埋火（立ち下げ）を行い、ライフラインの状況や停止時の機器の故障・警報リスト等を活用し点検確認を実施することが推奨される。

（1）ライフライン未復旧時の点検手順

阪神大震災等過去の災害事例ではライフラインの復旧は電気が最も早く給水が遅れる状況であった。点検手順としては緊急停止した焼却設備についてごみ投入ホッパー～煙突までの状況確認を行い火災等の２次災害が起きない様、点検および措置が必要である。次に以下の点検を行う。

・補助燃料の灯油や塩酸等危険物の薬品タンクの漏出防止（防油堤や防液堤の亀裂確認、タンク基礎や付設ポンプ等のアンカーボルト点検確認および配管類点検）
・主要主幹の送風機、ポンプ、空気圧縮機等の基礎ベースのクラック確認およびアンカーボルトの点検（含、付帯の配管、ダクト等の点検整備）。
・発電機、誘引送風機、押込み送風機、空気圧縮機、各種ポンプ等主要機器の点検
　イ、軸受けや回転部、摺動部等の手回しによる異音確認
　ロ、芯出し確認（カップリング部等のダイヤルゲージ、シクネスゲージ、直線定規等によるセンタリング確認）
　ハ、電動機および電源部までの電線路の絶縁抵抗測定
　ニ、非常用発電機等により機器単体の運転が可能であれば振動測定をする。
　ホ、小型機器の点検整備
　ヘ、故障機器の購入もしくは修理手配

点検調査結果リストを作成し、再稼働に即対応できるよう良好な機器を選択し、１系列でも稼働となるようスタンバイしておくこと。災害廃棄物の処理については一定の期間余裕があるものの故障、損傷機器のうち汎用性の高いものは購入手配し、製造メーカーや補修専門メーカーの協力を必要とするものは速やかに検討をすすめ早期全面復旧を図ること。

（2） 冠水や水没した機器等の点検について

冠水や水没により最も影響を受けるのは電動機で、冠水時稼働していた電動機は地絡や線間短絡により焼損の可能性は高いが、休止状態の電動機は焼損の可能性は低いものの水により接地している可能性はある。

いずれにしてもコントロールセンター等の給電線と電動機本体を切り離し、絶縁抵抗測定等を行い確認することが肝要である。（巻線形の場合は２次巻線部も要点検）

泥水等の冠水がある場合は回転部と固定部の隙間に土や砂が混入していることがあるので手回し等によって巻線等に傷がつくことがあるので留意すること。

冠水した電動機の復旧整備については外観上異常なく絶縁劣化程度と判断できる場合は電圧調整器等で低電圧を給電側に接続し乾燥することも可能であるが、泥水や塩水を冠水した場合は開放点検するべきである。（負荷の送風機やポンプ等と切り離すこと）

電動機の開放点検は取扱説明書等を参考に進めるのが最適であるが、分解作業で冷却ファンや回転子、固定子等に損傷を与えないよう十分留意すべきである。
分解後の各部品は乾燥状態であれば圧縮空気などによる空洗も有効であるが、泥水や塩水には清水による水洗が有効である。

洗浄後の乾燥手法として低電圧による乾燥の他、送風機による乾燥や、ヒーター、投光器による加熱乾燥も有効な手段である。ボールベアリング等の軸受けは外観点検で異常が無くても新品に取替が望ましい。また、絶縁抵抗など電気的に異常が無い場合でも巻線部等の充電部への絶縁ワニス等の塗符を行うことにより安全を期することが望ましい。（巻線形電動機はスリップリングやブラシの点検整備も重要）

組み立て完了後復電した場合は、定格電圧により無負荷状態で異音や電流値等異常が無いことを確認し、送風機、ポンプ等の負荷を接続し芯出しを慎重に行い動作状況や振動値を確認すること。

送風機やポンプ類の冠水についても分解整備が望ましいが整備は専門家によることが多いため、応急措置としての水洗乾燥が振動抑制や発錆抑制に効果がある。

見逃しがちであるが、保温や防露施工されている配管やダクト類の乾燥や発錆対策も点検対策事項として考慮しておく必要がある。

ライフライン復旧後は一挙に焼却システムを立ち上げるのでは無く、機器、装置単体の試運転調整を行い計装設備等の動作状況の確認や、各種配管の水圧または空気圧テストによる漏洩確認など事前準備・調整を十分に行うことにより焼却システム全般を円滑に立ち上げることができる。

おわりに

焼却施設の設計・施工に当たっては安全性、経済性等を考慮し対応されているが、過剰な設備投資までは

できないのが現状である。地震・津波等により被災した場合に備えて、通常より下記のような整理を十分しておくことにより早期復旧が図れるものと考えられる。

・通常の運転状態の把握（処理に係る数値のみではなく、温度、音、振動値、電流値等）
・災害復旧体制の確立と訓練実施（連絡体制、緊急対応手順および指揮命令系統、業務分担の確立、機材予備品等の適正管理）
・設備機器の関連図書整理及び機器メーカー担当部署および担当者リストの整理

４．廃止した焼却施設の再稼動

阪神･淡路大震災時の災害廃棄物（1,450万トン）のうち、木質系廃棄物は、破砕選別後、金属類はリサイクルされ、可燃物は焼却処理された。しかし、可燃物は、既存施設の余剰能力だけでは、処理できなかったため、域外への委託や仮設焼却施設での処理も行われた。

東日本大震災で発生した災害廃棄物は、沿岸部の津波で倒壊･流失した家屋だけで約2,490万トンと推定され、国内の年間排出量の約50％に相当する。可燃性の廃棄物は、リユース・リサイクルできるものを除いて、破砕・焼却処理されることになるが、域内の既存焼却施設だけでは、対応できないことは明白であり、阪神･淡路大震災時と同様に域外への委託や仮設焼却施設での処理が検討され、仙台市では、既に仮設焼却施設の建設が決定している。

一方で、被災地周辺には、新しいごみ処理施設を建設したため、廃炉・休炉した施設が存在している。この中で解体せずに残存している施設を再稼動できれば、仮設焼却施設を建設することなく、災害廃棄物を処理できる可能性がある。

そこで、被災地周辺の廃止施設の状況を整理した後、廃止した施設を再稼動するための要件、阻害要因等の検討を行った。

４.１ 被災地周辺の廃止施設の状況

被災地近傍で廃炉となった焼却施設の状況を表４.１に示す。ほとんどの施設が停止後１年以上経過しており、解体済の施設も多い。陸前高田市の施設は３月までの稼働予定であったが、２か月間延長して焼却処理を実施している。

４.２ 廃止した焼却施設の再稼動の必要条件

一度廃炉となっているので、再稼動に向けて、下記の法的手続き、施設の点検、整備、補修、人員確保を行う必要がある。

（１）法的手続き

詳細は、所轄官庁との協議になるが、以下の手続き、届出が必要であると考えられる。

①施設の設置届出
- 一般廃棄物処理施設設置届（廃棄物処理法）
- 特定施設設置届（下水道法・騒音法・振動法）
- ばい煙施設設置届（大気汚染防止法）

②設備の設置届出
- ボイラ設置届（労働安全衛生法）
- 第一種圧力容器設置届（労働安全衛生法）
- クレーン設置届（労働安全衛生法）
- ゴンドラ（労働安全衛生法）
- 特定化学設備設置（労働安全衛生法）

③その他届出
- 防火管理者選任届（消防法）
- 危険物取扱者（消防法）
- 電気主任技術者（電気事業法）
- ボイラータービン主任技術者（電気事業法）
- 危険物貯蔵所設置許可申請（消防法）
- 危険物貯蔵・取扱開始届出書
- 消防設備等設置届（消防法）
- 受電認可申請書
- 電気設備設置届

（２）施設の点検、整備、補修

再稼動のためには、施設の状況を点検し、必要に応じて、整備、補修を行う必要がある。

プラント機器だけでなく、建築設備、衛生設備、消防設備も点検、整備、補修が必要である。

特に消防設備については、「消防設備総合点検結果報告書」の提出を求められることがある。

具体的な整備項目については、４.４の実施事例に示した。

（３）人員確保

運転人員、整備要員、有資格者を確保する必要がある。

処理期間が限定されるので、既存の運転管理会社に依頼することが有効と思われる。

４.３ 再稼動に対する阻害要因

停止後の経過時間に係らず、点検、整備、補修は必要であるが、それ以外にも考慮すべき点を以下に示す。

（１）環境影響評価

旧施設を停止することを前提として、新設炉の環境影響評価を行わない場合がある。

このときは、新旧両施設が稼動した条件での環境影響評価を行わないと旧施設を再稼動させることができない。

表４-１　廃炉となった焼却施設（頑張れ関西の参加社調べ）

所在地	規　模	竣工年／停止年	ガス冷却	旧炉の有無
青森県青森市	90t／24h×２炉	1970 年／1986 年	水噴霧	調査中
青森県川内町	10t／8h×２炉	1990 年／2002 年	水噴霧	調査中
岩手県盛岡市	150t／24h×１炉	1969 年／1997 年	水噴霧	旧炉あり
岩手県宮古地区	60t／24h×２炉	1974 年／1994 年	水噴霧	解体済
岩手県盛岡市	90t／24h×２炉	1976 年／1998 年	水噴霧	旧炉あり
岩手県陸前高田市	15t／8h×２炉	1984 年／2011 年	水噴霧	旧炉あり
岩手県胆江地区	60t／24h×２炉	1974 年／1995 年	水噴霧	解体済
宮城県石巻市	41t／16h×２炉	1989 年／2006 年	水噴霧	旧炉あり
宮城県仙台市	200t／24h×３炉	1977 年／2005 年	ボイラ	解体済
宮城県仙台市	60t／24h×２炉	1976 年／1995 年	水噴霧	解体済
宮城県岩沼市	32.5t／16h×２炉	1980 年／2002 年	水噴霧	解体済
宮城県河南地区	35t／16h×２炉	1992 年／2002 年	水噴霧	解体済
福島県郡山市	90t／24h×２炉	1971 年／1994 年	水噴霧	旧炉あり
福島県いわき市	150t／24h×２炉	1975 年／2000 年	水噴霧	解体済
福島県福島市	90t／24h×２炉	1977 年／2008 年	水噴霧	解体済
茨城県境町	60t／16h×２炉	1992 年／2008 年	水噴霧	旧炉あり
茨城県日立市	150t／24h×２炉	1980 年／2001 年	ボイラ	旧炉あり（煙突のみ解体）
茨城県土浦市	75t／24h×２炉	1971 年／1990 年	水噴霧	旧炉あり
茨城県新治地方広域	20t／8h×４炉	1976 年／調査中	水噴霧	旧炉あり
茨城県鹿島市	25t／8h×２炉	1981 年／調査中	水噴霧	旧炉あり
茨城県阿見町	15t／8h×２炉	1981 年／調査中	水噴霧	旧炉あり
茨城県常陸太田地方広域	30t／16h×２炉	1983 年／2002 年	水噴霧	旧炉あり（煙突のみ解体）
千葉県船橋市	150t／24h×２炉	1972 年／1992 年	水噴霧	解体済
千葉県流山市	70t／16h×２炉	1981 年／2003 年	水噴霧	解体済
千葉県柏市	150t／24h×２炉	1973 年／1991 年	水噴霧	調査中
千葉県市川市	150t／24h×３炉	1974 年／1993 年	水噴霧	調査中
千葉県千葉市	150t／24h×３炉	1974 年／2002 年	ボイラ	調査中
千葉県君津市	90t／24h×１炉	1976 年／1993 年	水噴霧	調査中
千葉県印西地区	30t／8h×１炉	1978 年／1988 年	水噴霧	調査中

※停止年＝新炉竣工年とした

（2）ダイオキシン類対策

平成14年11月末までに休・廃止した施設は、ダイオキシン類対策特別措置法に準拠した施設でない場合があるので、機器の整備・補修だけでなく、機器の増設等が必要になる。

最後に、阻害要因とまで言うことはできないが、考慮すべきことがあるので、記載しておく。それは、再稼動までに要する時間である。仮設焼却施設は、設置場所さえ決まれば、３ヶ月から半年で稼動が可能である。

一方、再稼動する場合は、点検結果により、再稼動までに必要な時間が推定できるが、結果として、半年以上かかるような場合もあるので、迅速な災害廃棄物の処理を行うためにも仮設焼却施設建設について、平行作業で検討を進めたほうがよいと考える。

4.4 実施事例

休炉後に再稼動した施設があるので、事例として紹介する。

（1）施設概要

施設規模	100t／日×２炉
炉形式	ストーカ炉
冷却方式	水噴射式
排ガス処理設備	有害ガス除去装置 ＋電気集じん器
休炉時期	平成14年11月末
再稼動時期	平成16年３月
点検補修に要した期間	点検　２ヶ月 補修　３ヶ月

（2）主な整備項目

補修を行った項目を以下に示す。

- ごみクレーン整備
- 灰クレーン整備
- 築炉整備
- 助燃バーナ交換
- 灯油タンク設置
- 投入ホッパ整備
- 油圧ユニット整備
- 火格子点検整備
- ガス冷却塔整備
- 空気圧縮機整備
- 送風機類点検整備
- 回転機器のベアリング整備
- コンベア類整備
- 点検口等のパッキン類交換
- 水槽・配管類の洗浄清掃工事
- 各種ポンプ点検整備
- 工業用計器点検整備
- 分析計整備
- 絶縁確認
- 建築電気設備整備
- 建築機械設備整備
- 消防設備点検整備
- 有害ガス除去装置整備
- 電気集じん器整備
- 煙突整備

５．震災に強い廃棄物処理施設の設計

5.1 廃棄物処理施設の耐震設計に役立つ文献紹介

震災発生後に災害廃棄物や日々発生する生活系ごみを適正に処理するための基盤施設である廃棄物処理施設の機能を一刻も早く発揮させるためには、施設計画時における配慮がきわめて重要である。廃棄物を支障なく周辺から収集するための道路や施設を動かすために必要な電気、上下水道、ガスなどライフラインが震災の障害を受けにくい場所をあらかじめ選定して設置する備えが必要となる。

廃棄物処理施設を機能させるには、各設備において想定される地震に対し強度的、容量的余裕のある設計が必要となるが、この時、各設備の重要性や、壊れた場合の危険度合いに応じ、法令や基準で定められた計算方法に基づきどの程度余裕を持たせたものにするのかを検討するのが設計における合理的な考え方である。

さらに詳細設計の段階では、設備の固定、連結方法、配管および、その支持方法等について、阪神淡路大震災等の大地震動が設備に及ぼした影響への対策を盛り込んだ設計、施工法を採用することが、想定外の被害発生防止につながる。

以上の観点を踏まえて、廃棄物処理施設の耐震設計に役立つ３冊の文献を紹介する。

（1）官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 社団法人公共建築協会 発行（平成８年）[1]

国土交通省では官庁施設の総合耐震計画基準（平成19年改正）が定められており、この基準（ただし旧基準に基づく）をわかりやすく解説した「官庁施設の総合耐震計画基準および同解説」が出版されている。

以下にその概要を述べる。

① 施設の位置

本書、第３章「施設の位置の選定、配置及び規模」の中では、災害応急対策活動に必要な官庁施設の位置の選定を行う上での留意事項が述べられている。これらの留意点は、生活上不可欠な廃棄物処理施設についてもあてはまるので、これに準じて配置されるべきである。

例えば、「がけ地、崩壊の危険性のある傾斜地、埋立

地、低湿地＜中略＞その他地震防災上の危険性のある地域及び二次災害として延焼の可能性や水害の可能性が大きい地域をできるだけ避けて建設場所を選定する。」「危険物を貯蔵又は使用する施設等では、過去災害記録又は事前の地盤調査等を基に、地震、津波による災害危険度の判定を行うことが重要である。」と解説されている。

② 施設の耐震安全性について

a.施設の分類

本書第２章では、施設の耐震安全性を施設の災害時の活動内容に応じて、構造体は３種類、建築非構造部材、建築設備はそれぞれ２種類に分類し（表５-１）、さらにそれぞれの分類ごとに耐震安全性の目標を定めている（表５-２）。

表５-１　耐震安全性の分類[1]

分類		活動内容	対象施設	耐震安全性の分類		
				構造体	建築非構造部材	建築設備
災害応急対策活動に必要な施設	災害対策の指揮、情報伝達等のための施設	災害時の情報収集、指令 二次災害に対する警報の発令 災害復旧対策の立案、実施 防犯等の治安維持活動 被災者への情報伝達 保健衛生及び防疫活動 救援物資等の備蓄、緊急輸送活動等	行政機関が入居する施設 指定地方行政機関のうち地方ブロック機関が入居する施設 指定地方行政機関のうち東京圏、名古屋圏、大阪圏及び大震法の強化地域にある機関が入居する施設	Ⅰ類	A類	甲類
			指定地方行政機関のうち上記以外のもの及びこれに準ずる機能を有する機関が入居する施設	Ⅱ類	A類	甲類
	救護施設	被災者の救難、救助及び保護 救急医療活動 消火活動等	病院及び消防関係機関のうち災害時に拠点として機能すべき施設	Ⅰ類	A類	甲類
			病院及び消防関係機関のうち上記以外の施設	Ⅱ類	A類	甲類
避難所として位置づけられた施設		被災者の受入れ等	学校、研修施設等のうち、地域防災計画において避難所として位置づけられた施設	Ⅱ類	A類	乙類
人命及び物品の安全性確保が特に必要な施設	危険物を貯蔵又は使用する施設		放射性物質若しくは病原菌類を貯蔵又は使用する施設及びこれらに関する試験研究施設	Ⅰ類	A類	甲類
			石油類、高圧ガス、毒物、劇薬、火薬類等を貯蔵又は使用する施設及びこれらに関する試験研究施設	Ⅱ類	A類	甲類
	多数の者が利用する施設		文化施設、学校施設、社会教育施設、社会福祉施設等	Ⅱ類	B類	乙類
その他			一般官庁施設	Ⅲ類	B類	乙類

表５-２　耐震安全性の目標[1]

部位	分類	耐震安全性の目標
構造体	Ⅰ類	大地震動後、構造体の補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて十分な機能確保が図られている。
	Ⅱ類	大地震動後、構造体の大きな補修をすることなく建築物を使用できることを目標とし、人命の安全確保に加えて機能確保が図られている。
	Ⅲ類	大地震動により構造体の部分的な損傷は生じるが、建築物全体の耐力の低下は著しくないことを目標とし、人命の安全確保が図られている。
建築非構造部材	A類	大地震動後、災害応急対策活動や被災者の受け入れの円滑な実施、又は危険物の管理のうえで、支障となる建築非構造部材の損傷、移動等 が発生しないことを目標とし、人命の安全確保と二次災害の防止が図られている。
	B類	大地震動により建築非構造部材の損傷、移動等が発生する場合でも、人命の安全確保と二次災害の防止が図られている。
建築設備	甲類	大地震動後の人命の安全確保及び二次災害の防止が図られていると共に、大きな補修をすることなく、必要な設備機能を相当期間継続できる。
	乙類	大地震動後の人命の安全確保及び二次災害の防止が図られている。

廃棄物処理施設がどの範疇に入るかの記載はないが、廃棄物処理は日常生活に不可欠であることや、危険物を貯蔵して使用する施設であることを勘案しながら各自治体で判断されることになる。

b.具体的方法

耐震安全性を確保するための具体的な設計方法、構造は本書第４章に記載されている。建築物では、建築基準法で定める必要保有水平耐力に対して重要度係数をI類、II類、III類でそれぞれ1.5倍、1.25倍、１倍と定め、これを乗じたものを建築物の保有水平耐力とすると定めている。その他、建築非構造部材、水槽類、水槽を除く建築設備機器などの設計用標準水平震度を特定の施設と一般施設、重要機器、一般機器に分類しそれぞれ定めている。

③ 設備機能の確保

本書第４章の後半では、大地震動後において施設が機能するための施設内におけるライフラインの確保について、表５-２で示した甲乙分類別に解説されている。ここで一例として、電力の確保について紹介する。商用電源の途絶を防ぐ具体策として、表５-３を参照して検討すること、とされている。

表５-３　商用電力の途絶対策[1]

商用電力の途絶対策項目	甲類	乙類
自家発電設備及び直流電源設備の設置	◎	△
本線予備線等の電力の多回線引き込み	○	△
異系統変電所からの電力の２ルート引き込み	△	－
外部電源車からの引き込み及び接続対応(注)	○	△

（備考）◎印：原則として採用するもの
○印：採用が望ましいもの
△印：施設の個別条件により採否を検討するもの
－印：一般には採用しないもの

（注）乙類の建築物のうち、地域防災計画において避難所として位置づけられた施設は採用が望ましい。

この他、自家発電設備の容量の算出時の補正係数や非常発電回路にすべき負荷の種類、電力供給設備の信頼性向上対策などについても甲乙類別に解説されている。

以上のように、本書は施設配置の検討及び重要度に応じた建築物の耐震設計とライフラインの確保に関する設計の拠り所となる。

（２）火力発電所の耐震設計規程 JEAC 3605-2009 日本電気協会 発行（平成21年）[2]

廃棄物処理施設はボイラー、石油貯槽や高圧ガス設備を附帯するなど耐震面で考慮すべき設備機器に関し火力発電所との共通点が多い。この書では、火力発電所内の各設備に対して耐震設計手順を解説すると同時に、設備に関る最新の法令、省令、規則やガイドライン、関連JISなどを耐震設計という横串で漏れなくまとめられている。

この書における耐震設計の解説例として、第６章から石油燃料貯留槽の耐震設計について取り上げる。

① 耐震設計手法

石油燃料燃焼設備の耐震設計手法について、本規程では、その防火設備も含めて表５－４によらなければならない、としている。廃棄物処理施設に附帯する石油燃料貯留槽ではほぼ例外なく500kL未満に相当し、同表によれば、震度法によって計算することになる。

表５-４　石油燃料燃焼設備の耐震設計手法[2]

設計法	震度法	終局強度設計法	応答変位法	終局設計法
貯槽 1000kL 以上		○		○
貯槽 500kL 以上		○ （変位制御震動を除く）		○
貯槽 500kL 未満	○			
配管	○（地上）		○（埋設）	
機器類	○			

設計手法は同書の第２章で説明されている。その中で震度法では構造物が地震時に受ける水平加速度が地表面の水平加速度と等しいと考え、構造物の質量に最大加速度を掛けた力が静的に作用するとして構造物の変位や応力を検討する方法であり、慣用的に広く用いられている。

② 重要度の分類

官庁施設を設計する中で重要度係数を用いた耐震設計が行われることを紹介したが、火力発電所における耐震設計においても設備別に重要度を分類し重要度係数をIa、I、II、IIIの４段階に設定するとしている。

震度法による設計水平震度KSHは次式で計算される[2]。

$$KSH = 0.15 \times \nu_1 \times \nu_2 \times \nu_3 \times \nu_4$$

ν_1　地域別補正係数
ν_2　地盤別補正係数
ν_3　重要度係数
ν_4　その他の補正係数（一律に規程できない設備ごとに定める係数）

本書では、高圧ガス設備等耐震設計基準から重要度係数の一例を示している。

表５-５　重要度係数（出典：高圧ガス設備等耐震設計基準）

重要度	ν_3
Ia	1.00
I	0.80
II	0.65
III	0.50

IaからIIIまでの重要度分類の定義と、設備別の重要度分類については日本電気協会で定めたものの他、法規等で規定されるものは各章において解説されている。

③ 関連法規等

設備毎に設計根拠に関る法規について漏れなく記載されている。

例えば、石油燃料燃焼設備の耐震設計許容応力は次の各適用法規に定めるところによらなければならないことが記載されている。

○石油燃料燃焼設備の耐震設計許容応力関連法規および規準等
・危険物の規制に関する規則
・危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示
・JIS B 8501　鋼製石油貯留槽の構造
・コンクリート標準仕方書
・鉄筋コンクリート構造計算規準
・鋼構造設計規準

④ 設計手順

ここでは設計手順とその内容について詳しく解説することを割愛するが、本書で示されるフローチャートに従って設計を進めると、法規等に則った耐震設計が完了することになる。

本書は関連法規、資料などが利用し易くまとめられており、火力発電所のみならず、廃棄物処理施設の設計者にとっても耐震設計を効率的にすすめる手引きとなる。

（３） 建築設備耐震設計・施工指針 2005年度版　日本建築センター 発行　（平成17年）[3]

地震後にも機能を果たすことが期待される設備、例えば表５-２の甲類に分類された機器において、本体は無傷でも、冷却水、油圧など配管の損傷によって機能喪失する場合がある。

建築物の構造躯体や機器類の耐震設計法については他書（例えば（２）で紹介した「火力発電所の耐震設計規程」）に譲り、本書は主として設備の据付け、取付け、配管方法とそれらに関る設計計算方法について図入りで解り易く解説されている。

① 要素部品の設計について

本書第２章 各部の設計ではアンカーボルト、基礎、転倒防止のための頂部支持材、転倒及び横ずれ防止のためのストッパについて、それらの種類、加わる力と強度計算方法、使用上の留意点について解説している。解説では部品は先ず図で紹介され、その下に用途や耐震計算方法が解説されているので、詳細設計担当者は据付する機器をどの要素部品で固定するかを視覚によって適切な選択ができる。さらにその次のステップとして、本書に基づいて耐震設計計算を行うことができ

る。

② 配管等の耐震措置について

地震時に連結された設備同士の相対変位や壁貫通部との接触により、配管類には引張り、圧縮、曲げなどの大きな力が加わる恐れがある。本書第３章では建築物のエキスパンションジョイント部を通過する場合、地盤の性状が不安定で建築物と地盤の間に変位が生ずるおそれがある場合、設備機器の配管部などの配管に大きな変位が生じるおそれがある場合などについて過大な変形抑制法や変位への追従法について図入りで解説されている。

③ 写真が豊富な参考資料

巻末の参考資料では地震での被害例を写真で掲載し、被災した原因とそれを避けるための施工上のポイントが解説されている。

本書は図入りで平易な内容になっているが、廃棄物処理施設における設備の耐震設計,施工上の不注意を防ぐための必須の書として紹介しておく。

【参考文献】

（１）官庁施設の総合耐震計画基準及び同解説 社団法人公共建築協会 発行（平成８年）
（２）火力発電所の耐震設計規程 JEAC 3605-2009 日本電気協会 発行（平成21年）
（３）建築設備耐震設計・施工指針 2005年度版　日本建築センター 発行（平成17年）

５.２ 災害に強い焼却施設の具体対策例

焼却施設は、災害発生後にいち早く災害ごみ及び生活ごみを受け入れて処理を行うことが必要である。

災害に強い焼却施設とするためには、建築基準法、消防法、労働安全衛生法等の関係法令に準拠した設計とすることは当然であり、それ以上の対策を行う必要がある。

災害に強い焼却施設の具体対策例を以下に示す。

（１）地震対策

◆ 建屋、機器の耐震設計
建屋、機器の耐震設計については、前項５.１に記載の通りとする。

◆ 地盤の確認（液状化層の有無）と対策
液状化現象は、三角州や港湾地域の埋め立て地、旧河川跡や水田跡などが発生しやすいといわれている。この様な土地に建設する場合は、サンドコンパクションパイル工法やドレーン工法などの対策を行う。

◆ 地質調査に基づき良質な地盤の上に支持
地質調査に基づき、杭長さを決定してN値50以上の良質な地盤に支持させる。

◆ 自動プラント停止システムの設置
震度６以上に相当する加速度である250ガル以上では、自動でプラントを停止するシステムを設置し、人の判断より先にプラントを停止させる。
また、中央制御室には緊急停止ボタンを設置し、人の判断でも確実に停止できるシステムとする。

◆ 排ガス・未燃ガスの漏洩対策
焼却炉や排ガス系統を気密構造とし、煙突ドラフトによる排煙を行うことで、排ガス・未燃ガスの施設内の漏洩を防止する。

◆ アンモニアや薬品、燃料の漏洩対策
アンモニアや薬品、燃料の漏洩を防止するため、感震装置による弁遮断を行う。漏洩の未然防止対策として、配管の伸縮継手設置などの地震時の応力分散を行う。漏洩時の被害拡大防止策として、防液堤、換気装置及び散水装置によるアンモニア除害などを考慮する。

◆ 避難障害対策
施設からの避難が必要となった場合に配慮し、変形追従性能のある耐震建具、ガラス飛散防止フィルムや２方向避難の確保を行っておく。

◆ 空冷式非常用発電設備の設置
給水系統の断水時においても非常用電源を確保するため、非常用発電設備は空冷式を選定する。

◆ 水の確保
災害発生後には災害ごみ及び生活ごみの処理がいち早く必要とされるため、断水時にも施設の稼働ができるよう、井水や雨水貯留などにより水を確保する。

◆ 炉立ち上げが可能な非常用発電機の容量
電力会社からの受電が不可能な場合においても、立ち上げが可能な容量の非常用発電機を設置する。立ち上げさえできれば、ボイラー・蒸気タービン発電機付きの施設では所内単独運転で焼却処理を行うことができ、送電も可能になる。

（２）停電対策

◆ 異系統常用予備受電
１回線受電では電力会社の配電線事故が発生した場合、復旧までの間停電するため、常用予備受電（２回線受電）やループ受電（常時２回線受電）とする。
同系統受電では変電所でトラブルが生じた場合、長期停電の可能性が高いため、異系統（別の変電所）から受電を行う異系統常用予備受電とした方がさらに信頼性が高まる。

◆ プラント監視及び制御の確保
停電時にプラントの監視や制御を確保するために、無停電電源化を行う。

また、非常時においてプラントの状況が安全サイドに動いているのかを確認できるシステムを整備し、運転員による確認、早期対応が可能なようにする。

◆ 停電による機器故障対策
停電検知による非常用発電機の自動起動、非常用補機類の自動起動及び、自動停止システムの起動により、プラント機器の故障を防止する。

◆ 非常用補機類の瞬時停電対策
瞬時停電においてボイラ給水ポンプや蒸気コンデンサー等の非常用補機類がトリップすることの無いように瞬停リレーを設置する。

◆ バルブ、ダンパのフェイルセーフ設計
電源断でバルブ、ダンパを安全側に動作させるフェイルセーフ設計を行う。また、手動操作も可能なものとする。

◆ 未燃ガスの発生、漏洩対策
電源断で燃焼を停止させるため、風道ダンパはフェイルクローズする。排煙を確保するため、炉内圧調節ダンパはフェイルオープンする。

◆ ボイラの空焚き対策
ボイラへの給水ができない場合においてもボイラの空焚きを防止するために、水量余裕のあるボイラドラムの容量設計を行い、ボイラブロー遮断弁はフェイルクローズする。
ボイラ給水ポンプは非常用電源化し、非常用電源確立後は給水を可能とする。

◆ ろ布焼損対策
エコノマイザ出口温度を低温化し、ろ布の耐熱温度以下に設計する。
排水クローズドなどがある施設においてエコノマイザ出口温度が高い場合には、非常用冷却ファンの設置により対応する。

◆ ガス洗浄装置焼損対策
高温ガスがガス洗浄装置に流れ、ライニング等が焼損することを防止するために、ガス洗浄装置にはヘッドタンクによる緊急水噴霧、バイパス及びパージファンを設置する。

◆ 触媒焼損対策
未燃ガスが脱硝反応塔に流れ、触媒が焼損することを防止するために、脱硝反応塔にはバイパスを設置する。

◆ アンモニアや薬品、燃料の漏洩対策
電源断で遮断弁はフェイルクローズする。

◆ 計装用空気断による機器制御不能対策
計装用空気圧縮機が停止しても、バルブ、ダンパを安全サイドに作動させることができる余裕のある空気槽容量とする。バルブ、ダンパは「空気断」にて安全サイドに作動するフェイルセーフ設計を行う。また、手動操作も可能なものとする。

◆ 防災設備・消火設備・保安設備などの非常用電源化
防災設備・消火設備・保安設備などを非常用電源化し、停電時においても機能を確保する。

（3）火災対策

◆ ごみピットに自動火災検知器と放水銃の設置
ごみ焼却施設において最も火災のリスクが高いごみピットには、自動火災検知器と放水銃を設置し、初期火災で所内対応を行う。

◆ 助燃バーナの火災検出、感震装置による緊急停止
助燃バーナは、火災や感震装置により自動で緊急停止することで、二次災害を防止する。

◆ 蒸気タービン発電機の火災対策
現場および中央制御室にタービン油系統の非常停止スイッチを設置し、蒸気タービン発電機の火災発生による建築物、機器等の損傷を防止する。

◆ 被災対策
法令に遵守した非常照明及び避難誘導灯、自動火災報知設備、非常放送設備、防火防排煙設備、各種消火設備、２方向避難の確保、建築の不燃材料、準不燃材料、難燃材料の使用を行う。

（4）浸水対策

◆ 浸水水位の設定
工場棟の立地条件等を勘案し、想定される浸水水位を決定し下記の対策を行う。また、沿岸部に建設を行う場合は、地盤高さにより防波堤や盛土の検討が必要である。

◆ 工場棟内への浸水対策
工場棟内に浸水することを防ぐために、浸水水位以上の位置までRC造とし、開口部には防潮堤や防潮扉（エアタイト扉）を設置する。

◆ 電気室への浸水対策
電気室が浸水した場合、施設の復旧が大幅に遅れることになるため、電気室は上層階に設置し、浸水を防止する。

◆ 電気設備の浸水対策
電気盤、電動機や非常用発電機、タービン発電機等は、浸水水位以上に設置し、電気機器の故障を防止する。

◆ 水槽への浸水対策
水槽天端が浸水水位より高い地上置き水槽とし、吸い上げポンプを使用する。

◆ ごみピットへの浸水対策
浸水水位以上にプラットホームを設置し、ごみ汚水槽に防水壁を設置することで、ごみピットに浸水することを防止する。

◆ 灰ピットへの浸水対策
ごみピットと同様に、灰ピット、灰汚水槽に防水壁を設置することで、灰ピットに浸水することを防止する。

◆ 燃料貯留槽
燃料貯留槽は地下埋設式とし、津波により破損や流されない様にする。また、通気管は想定水位以上まで立ち上げておく。

6. 災害廃棄物の仮設焼却炉での処理

6.1 阪神淡路大震災時の仮設焼却炉の事例

6.1.1 阪神淡路大震災時の神戸市の災害廃棄物発生量とその処理処分方法[1]

平成７年１月17日早朝に起こった阪神淡路大震災により、神戸市では約804万tの災害廃棄物が発生した。これは、平成８年度に神戸市で発生した一般廃棄物量の約10倍という膨大な量であった。内訳としては、コンクリート系廃棄物が約344万t（約43%）、木質系廃棄物が約460万t（約57%）であった。コンクリート系廃棄物は、神戸港内の埋立に利用され、木質系廃棄物は破砕選別後、金属はリサイクル、可燃物は焼却処理等が行われた。災害廃棄物全体の処理処分フローを図６-１に示す。

可燃物の焼却処理を行うにあたり、既設クリーンセンター及び他自治体等の余剰能力だけでは対応できないため、別途、仮設焼却炉を設置する必要があった。神戸市では計15基の仮設焼却炉を設置した。その設置場所を図６-２に、処理能力及び設置期間を表６-１に示す。

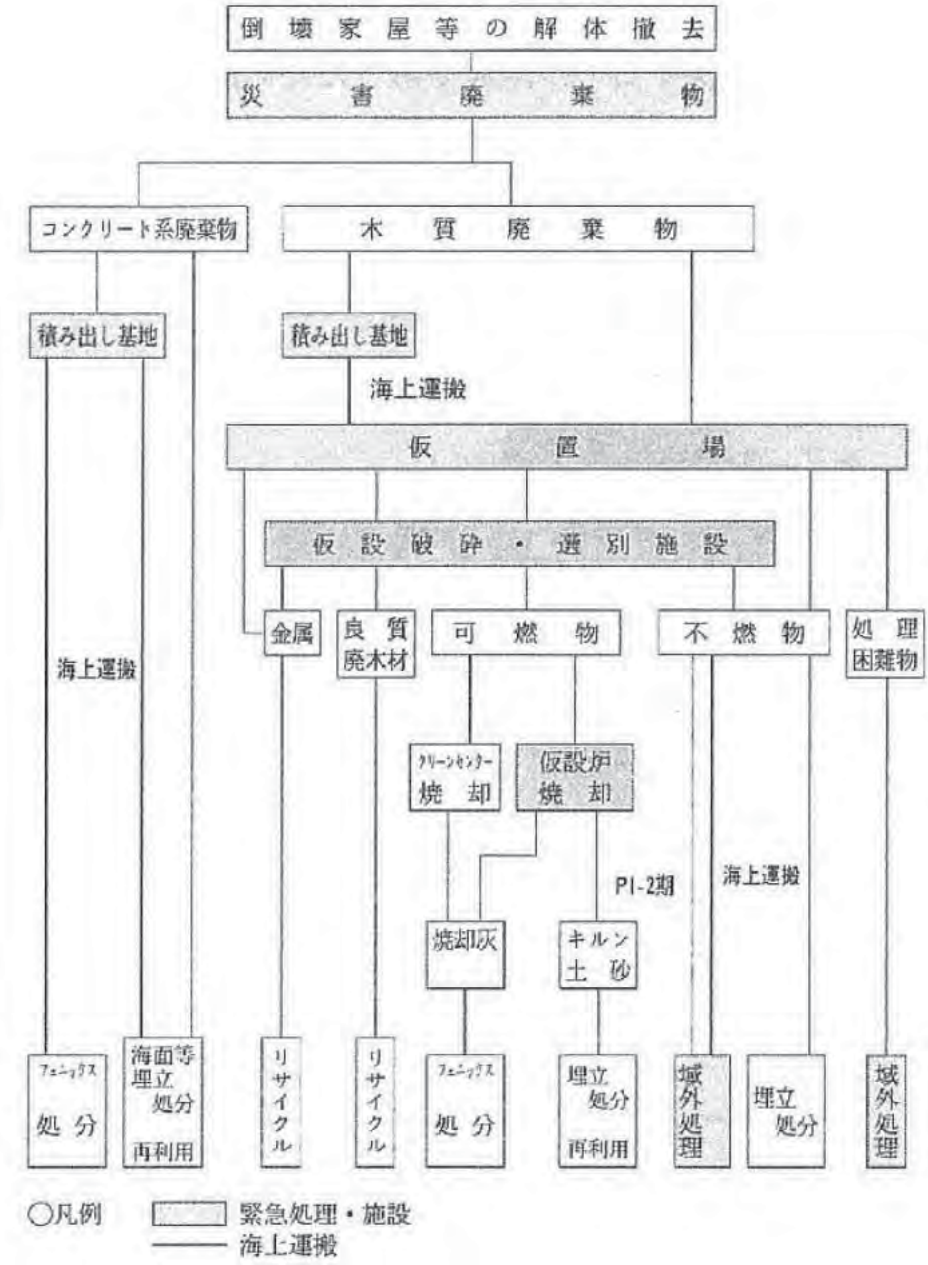

図６-１　神戸市災害廃棄物全体処理処分フロー[1]

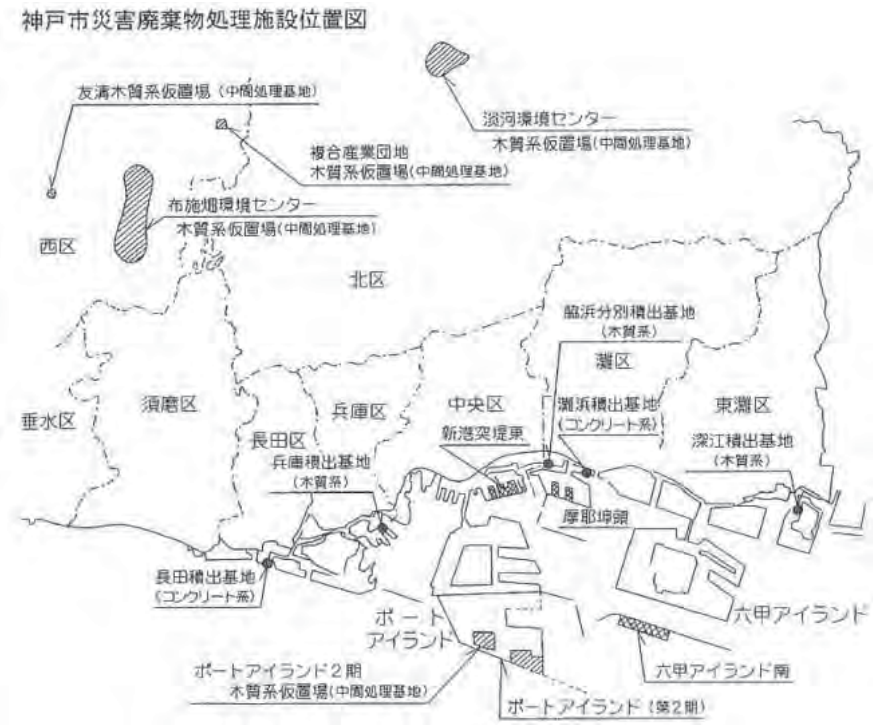

図６-２　神戸市災害廃棄物処理施設位置図[1]

表６-１　神戸市仮設中間処理施設設置状況[1]

（●－設置・稼働　■－撤去）

市町	種類	中間処理施設内訳		場所	H7 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	H8 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	H9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	H10 1 2 3 4 5～11 12 1
神戸市	不燃・可燃混合	破砕機	240 t /D× 2 基=480 t /D	布施畑	（三菱）			
			500 t /D× 2 基=1000 t /D	〃		（大栄）		
			700 t /D× 1 基=700 t /D	〃		（イーグル）		
			240 t /D× 1 基=240 t /D	淡河	（三菱）			
			600 t /D× 1 基=600 t /D	PI-2 期				
			400 t /D× 1 基=400 t /D	PI-2 期				
		（不燃物）	600 t /D× 1 基=600 t /D	灘浜				
	可燃	破砕機	90 t /D× 1 基=90 t /D	複合	（ガリバー）（友清へ）			
			90 t /D× 1 基=90 t /D	複合	（ガリバー）		（12月より●●）	
			70 t /D× 1 基=70 t /D	PI-2 期	（シュレッドキング）			
			40 t /D× 1 基=40 t /D	〃	（マキングライン）			
			30 t /D× 1 基=30 t /D	〃	（ガリバー）（友清へ）			
			30 t /D× 1 基=30 t /D	友清	（シュレッドキング）			
			90 t /D× 1 基=90 t /D	〃	（ガリバー）			
			90 t /D× 1 基=90 t /D	布施畑	（ガリバー）			
			100 t /D× 1 基=30 t /D	〃		（水リサイクル）		
			200 t /D× 1 基=200 t /D	〃		（ダイヤモンド）		
		焼却炉	40 t /D× 3 基=120 t /D	布施畑	（三菱バッチ炉）			
			100 t /D× 3 基=300 t /D	〃	（三菱焼却炉）			
			40 t /D× 1 基=40 t /D	淡河	（三菱バッチ炉）			
			100 t /D× 1 基=100 t /D	〃	（三菱焼却炉）			
			40 t /D× 1 基=40 t /D	複合	（川崎バッチ炉）			
			40 t /D× 2 基=80 t /D	PI-2 期	（川崎バッチ炉）			
			300 t /D× 4 基=1200 t /D	〃	（川崎キルン炉）			
	分別機		2700 t /D× 1 基=2700 t /D	布施畑	（３連破機）			

6.2.2 仮設焼却炉の概要 (2)

表6-1に示す仮設焼却炉の中で、最大規模のものはポートアイランド第2期内に設置された仮設焼却炉（川崎重工業製）である。その概要として、以下に計画主要目、主要設備方式を示す。また、仮設焼却炉の全景を写真6-1～6-2に示す。

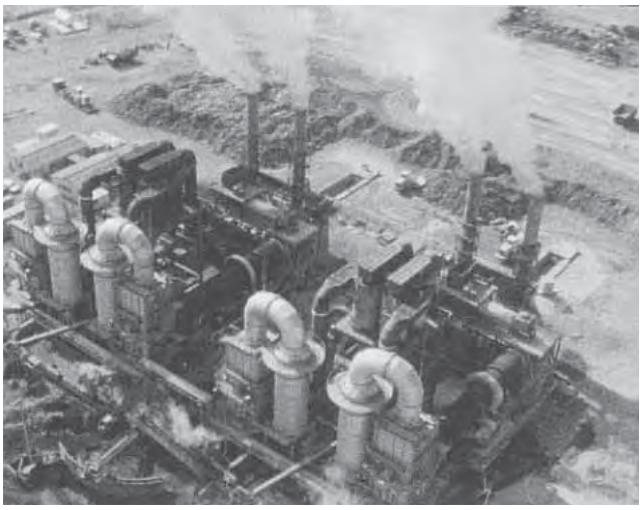

写真6-1　仮設焼却炉全景

写真6-2　仮設焼却炉煙突側

（1）計画主要目

処理能力	公称1,200t/日（300t/日×4系列）	
炉運転時間	1日24時間連続運転	
処理対象物	中小混合物（300mm以上の大型コンクリート塊、長尺木材、鉄・金属類を除去したもの）	
計画ごみ質	低位発熱量	380～500kcal/kg
	三成分	水分20%、可燃分10%、不燃分70%
	かさ比重	0.66t/m³

（2）主要設備方式

受入供給設備	ホッパ及びコンベア
燃焼設備	ロータリーキルン式焼却炉
燃焼ガス冷却設備	水噴霧式
排ガス処理設備	マルチサイクロン＋ベンチュリースクラバー
給水設備	プラント用水：下水処理水再利用 生活用水：仮設上水道引き込み
排水処理設備	雨水：ろ過後放流、生活排水：合併式浄化槽設置
通風設備	平衡通風方式
灰出し設備	湿式フライトコンベア
煙突設備	鋼製円筒（内面ライニング）
電気設備	商用電力6,600V引き込み

6.2.3 仮設焼却炉の運転状況

ポートアイランド第2期内に設置されたロータリーキルン式仮設焼却炉での運転状況を示す。

（1）当初、ごみ処理対象物として、木質系廃棄物（低位発熱量3,500kcal/kg、かさ比重0.2～0.4t/m³）を想定していたが、実際には土砂等不燃物が多く含まれており、実態を調査したところ、表6-2のような結果であった。このため、計画途中で設計変更を行い、計画主要目に示す実際のごみ質への対応を行った。処理対象となった中小混合瓦礫を写真6-3に示す。

表6-2　ごみ実態調査結果

	容積比率	重量比率	見掛比重
可燃物	48.7%	17.4%	0.21t/m³
不燃物	46.9%	81.1%	1.02t/m³
金属	4.4%	1.5%	0.20t/m³
合計	100%	100%	0.59t/m³

写真６-３　中小混合瓦礫

（２）運転時の焼却排ガス測定結果の一例を表６-３に示す。硫黄酸化物、塩化水素、窒素酸化物は法基準値より十分に低い値であった。ばいじん除去装置としては当初、マルチサイクロンだけであったが、近隣に設置された仮設住宅を考慮して、ベンチュリースクラバーの追加設置を行った。

表６-３　排ガス測定結果

	平均値
ばいじん	約 0.15g/m³N
硫黄酸化物	約 20ppm
塩化水素	約 30ppm
窒素酸化物	約 40ppm

（３）ロータリーキルン排出土砂の熱灼減量は、0.5～2.0%（平均値約1.3%）であった。本土砂は、埋立用として利用した。飛灰は、フェニックスで処分した。ロータリーキルン排出土砂を写真６-４、飛灰を写真６-５に示す。

写真６-４　ロータリーキルン排出土砂

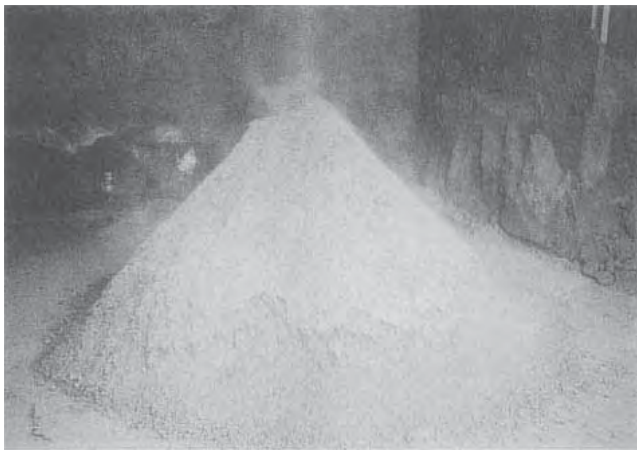

写真６-５　飛灰

（４）粗大な瓦礫により、ロータリーキルンの耐火物の磨耗、バーナの破損、主灰出コンベアの磨耗、等が発生した。耐火物については、材質変更、厚み変更、等により対応を行った。

（５）ポートアイランド第２期内仮置場へ搬入されたごみに加えて、平成８年９月頃から布施畑環境センターの破砕チップを処理することになった。破砕チップは、木材だけでなく、ビニール、プラスチック、アルミ、石、土等も含んだ混合瓦礫であった。破砕チップは、３連分別機にて100mm以上・以下に一次分別後、100mm以上を破砕機にかけ、80mm以上・以下に二次分別した80ｍｍ以上のものである。80mm以下のものは埋立処理を行った。破砕チップを写真６-６に示す。

写真６-６　破砕チップ

（６）布施畑環境センターの破砕チップに含まれる大型木材、大型金属、大型石は、仮設焼却炉に悪影響を及ぼすため、事前に分別を行った。また、ポートアイランド第２期の中小混合瓦礫：破砕チップ＝４：１を目安に混合してから処理を行った。この分別及び調合に人手と時間がかかった。混合ごみを写真６-７

に示す。

（7）ビニール類は、分別作業中に風により飛散したり、受入ホッパ以降の機器にからみついたりした。土砂は、分別作業中に、埃が大量に発生した。

写真6-7　混合ごみ

6.2.4 仮設焼却炉で処理する上での注意点

神戸市での災害廃棄物の仮設焼却炉での処理実績から得られた知見を以下にまとめる。

（1）ごみの性状を事前に出来るだけ十分に把握しておくことが重要である。ごみの性状によって機器選定が異なり、処理能力に影響を与えることになる。

（2）焼却前の分別を出来るだけきっちりと行うことが重要である。木材、金属類等のリサイクルが可能になるとともに、金属類等の不燃物による仮設焼却炉の損傷を軽減することが出来る。また、土砂等の大量の付着は燃焼効率の悪化を引き起こす恐れがあるので注意が必要である。

（3）処理対象物は一定でなく状況によって様々であるため、臨機応変な運転を行うことが必要である。

【参考文献】

（1）神戸市阪神・淡路大震災神戸復興誌平成12年１月

（2）（財）兵庫県環境クリエイトセンター災害廃棄物の処理の記録平成９年３月

6.2 仮設焼却炉での災害廃棄物の処理

（1）建設予定の仮設焼却炉の概要

東日本大震災で発生した災害廃棄物は、沿岸部の津波で倒壊･流失した家屋だけで約2,490万トンと推定され、リユース・リサイクルできるものや不燃物を取り出し、残ったものを焼却することにより、減容・安定化させ、焼却後の灰を埋立処理することになる。

焼却処理するためには、既存の施設を利用できれば問題はないが、短期間で処理を求められているため、通常の処理量を上回る処理を行う必要があること、さらに後述の塩分対策を施す必要があることから、仮設焼却炉を建設して、災害廃棄物を処理するケースも見られる。

現時点では、仙台市が市内の瓦礫量、約103万トンを処理するための仮設焼却炉の建設を決定しており、その概要を以下に示す。

施設規模：　蒲生地区　　90t/日（キルン式）
　　荒浜地区　　300t/日（キルン式）
　　井土地区　　90t/日（ストーカ式）

仮設焼却炉の設置場所は仙台市が設置した沿岸３ヶ所の搬入場で、その位置を図6-3に示す。

図6-3　仙台市仮設焼却炉設置位置

処理フロー：
焼却炉＋ガス冷却塔＋ろ過式集じん器
＋誘引送風機＋煙突

排ガス基準値：

	規制値（乾きガス O_2 12%）	備考
① ばいじん	0.04g/m³N 以下	
② 硫黄酸化物	K 値　7以下	
③ 塩化水素	200mg/m³N以下	
④ 窒素酸化物	250ppm 以下	
⑤ 一酸化炭素	100ppm 以下	1時間平均値
⑥ ダイオキシン類	1ng-TEQ/m³N 以下	荒浜地区は 0.1ng-TEQ/m³N 以下

主灰および飛灰のダイオキシン類濃度：
3ng-TEQ/g以下

稼動開始時期：
蒲生地区　平成23年10月ごろ
荒浜地区　平成23年12月ごろ

井土地区　平成23年10月ごろ

（2）想定される課題及び対応策

津波廃棄物のなかでも可燃物は、海水を被っているが、その塩分を除去することができれば、通常の廃棄物と変わりはないと考えることができる。環境省が発表した「東日本大震災に係る災害廃棄物の処理指針（マスタープラン）」では、「降雨による塩分除去を期待しながらその需要に応じて利用していくことも一案」とある。しかし、現実的には、その塩分除去が非常に困難であり、可燃物は、幾ばくかの塩分を含んだ状態で焼却処理することになる。

塩分を含んだ可燃物、ここでは、特に木くずを対象として、その処理時に想定される課題とその対応策について検討を行った。

① 想定される塩分濃度

海水中には約3.5%の塩分が含まれており、この塩分を全てNaClと仮定した場合、木くず焼却時の灰中に含まれる塩分濃度は、以下のとおりと想定できる。
なお、下記の想定値を使用している。

木くずの灰分　　4%
木くずの含水率　65%
（屋外保管した木材の含水率の実績より）

この場合、単位重量あたりの塩分は、以下のとおりとなる。

$$0.65\times0.035=0.0227=2.3\%$$

この木くずを燃焼したときに塩分がすべて灰に移行すると仮定すると灰中の塩分は、以下のとおりとなる。

$$2.3/(2.3+4)=0.36=36\%$$

なお、一時的に海水に浸かった場合は、表層に付着した海水のみとなるので、上記ほど高い値にはならないと考えられる。

参考値であるが、輸入木材（海水中に長時間浸かっていた木材）を製材した後のバーク（樹皮）を燃料とした熱回収施設での過熱器管に付着した灰中のCl分は約19%であったので、灰中の塩分濃度としては31%程度と想定できる。

② 想定される課題と対応策

a. 焼却炉耐火物の損傷

海水を含んだ木くず焼却時には、焼却炉耐火物の損傷が懸念される。

上述のように塩分をNaClと仮定した場合、その融点は801℃、沸点は1413℃であり、燃焼室内の温度が、950℃程度の環境下では、木くず表面や内部に含有される塩分は、溶融状態で主灰や飛灰中に含まれることになる。

NaClは、溶融状態で灰中の成分と化合物を生成し、更に低融点物質（溶融塩）となり、レンガ壁や耐火物壁の表面に付着、浸透することで耐火物の剥離や浸食による損傷の発生が懸念される。

さらに、低融点物質に起因するクリンカの発生によって安定運転が継続できない可能性も懸念される。

基本的には、焼却対象物中の塩分濃度を下げる必要がある。その手段としては、海水に浸かっていない災害廃棄物との混焼が考えられる。

b. ダイオキシン類の発生

塩素含有量の多いごみを焼却するときの燃焼温度が低い場合は、ダイオキシン類濃度が高いという報告[(1)]がある。一方、食塩は、燃焼により、ほとんど塩化水素化せず、排ガス中への塩化水素濃度への寄与は小さいとの報告[(2)]もある。

このように塩分が、どのような挙動を示すのかは明確ではないが、塩分を除去できれば、問題はないことは明白である。

塩分が除去できない場合、ダイオキシン類の排出を抑制するためには、発生抑制と排ガス処理設備での除去が重要である。

発生抑制については、800℃以上の燃焼温度で焼却することでダイオキシン類の発生を抑制できる。そのひとつの案として、発熱量の高いごみ（例えばプラスチック類）との混焼により、高温・完全燃焼を目指す方法が考えられる。

排ガス処理設備での除去については、仮設焼却炉にろ過式集じん器を装備することで、排ガス中の飛灰に含有されるダイオキシン類を捕集することができ、煙突からの放出はないと考えられる。

6.3 放射性物質に汚染された災害廃棄物の処理

放射性物質に汚染された災害廃棄物の処理について、報道等では、以下のとおり報じられているが、現在、その処理方法は環境省によって検討されているので、その結果に従うということになる。

可燃物：排ガス処理用のフィルターがあれば、既存焼却施設での焼却処理を認める、
不燃物：一般廃棄物の最終処分場での埋立処分を検討
リサイクル可能な廃棄物：
一般市場に流通しない形での再利用を模索

ところで、放射性物質に汚染された災害廃棄物を焼

却処理した場合、下水汚泥の焼却事例でも見られるように放射性物質は、焼却灰中に移行すると考えられ、排ガス処理用フィルターにも、放射性物質が濃縮することになるので、その処理については、十分な検討が必要である。また、実際に処理するとなった場合には、運転従事者の安全基準策定、教育等の対応が必要になる。

なお、福島県中央部（中通り）や沿岸部（浜通り）の放射性物質に汚染された災害廃棄物については、「仮置き場に集積し、当面は処分しない」という方針であったが、浜通りと中通りの警戒区域などを除く地域にある10町村については、空間線量率及び放射性物質濃度の数値から判断して通常の処理が再開されることとなった状況にある。

【参考文献】

（1）Yasuhara 他、Environ. Sci. Technol. 2003, 37, 1563-1567
（2）辰市祐久、樋口雅人ら；東京都環境科学研究所年報2003,P129-P136

7.おわりに

頑張れ関西は関西を基盤に活動しており、多くのメンバーが阪神・淡路大震災を間近で経験している。その復興時の経験を、今後出てくるであろう膨大な災害廃棄物の処理や破損した焼却施設の復旧、日々発生している生活ごみの処理等、様々なノウハウを今後生かせる場面が必ず出てくるとの思いから、本震災ワーキングを立ち上げて、検討を行ってきている。

筆者の一人は地震発生時に茨城県神栖市鹿島コンビナート内にあるごみ固形燃料（RDF）焼却発電施設のヒアリングを行っていた。当初は震度３程度の揺れであったが、次第に大きく、また、長い時間の揺れが繰り返され、震度６弱となった。コンビナートでは液状化は目にしなかったものの、道路の陥没、パイプから蒸気漏れ、発電プラント等からは黒煙、火炎が上がり、地震の影響を目の当たりにした。交通機関が麻痺しており、当日は千葉県香取市佐原の避難所で一晩お世話になった。しかし、その後の津波による災害、及び東京電力福島第一原子力発電所の事故は想像だにしなかったものである。津波による廃棄物については本稿で触れたように仮設焼却炉の建設を含めて徐々に体制が整いつつあるが、放射性物質により汚染されているおそれのある災害廃棄物の処理に関しては、環境省が設置した「災害廃棄物安全評価検討会」における議論を待つ必要があり、現状では空間線量率及び放射性物質濃度の数値から判断して一部地域での福島県内での廃棄物処理が再開されることとなった状況にある。原発事故が早急に収束し、被災地が一刻も早く復旧・復興して、日々の平穏な生活が戻るように、また、本稿が災害廃棄物の処理・処分及び災害に強い廃棄物処理施設建設の一助となるよう願っています。

写真７-１　３月11日午後３時　鹿島東部コンビナート